Aus dem Physiologischen Institut der Universität München
Vorstand: Professor Dr. Ph. Broemser.

Herzschlag- und Minutenvolumen des Gesunden im Liegen und Stehen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Martin Büchsel

aus Swinemünde.

1938

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München.

Referent: Priv.Doz. Dr. K. Wezler.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Untersuchungen über vergleichende Volumensbestimmungen des menschlichen Herzens im Liegen und im Stehen gehen zurück auf F. Moritz (1). Er veröffentlichte zuerst Beobachtungen über Abweichungen zwischen den Maßen der Herzorthodiagramme des Menschen im Liegen und im Stehen. Er stellte im Stehen eine Verkleinerung fast aller Maße des Herzens im Vergleich zum Liegen fest, infolge deren „es gelegentlich zu einer Abnahme des gesamten Herzvolumens kommen" müsse. Nach ihm beschrieb Dietlen (2) beim Gesunden eine Abnahme des Herzschlagvolumens im Stehen von rund 18% des Wertes im Liegen. Seinen Berechnungen legte er die Formel von Fürst und Soetbeer $\frac{p}{d + p/3}$ zugrunde, worin p = Blutdruckamplitude, d = diastolischer Blutdruck ist. Dietlen beobachtete zugleich, daß die Abnahme des Schlagvolumens einhergeht mit Steigerung der Pulsfrequenz und Änderung des Blutdruckes im Sinne einer Verkleinerung der Blutdruckamplitude durch Abnahme des systolischen und Zunahme des diastolischen Blutdruckes.

Ein Überblick über das Verhalten dieser verschiedenen Kreislaufgrößen beim Lagewechsel ergibt in der späteren Literatur:

1) für die **Pulsfrequenz** übereinstimmend eine Steigerung im Stehen, auch bei passiver Aufrichtung der Versuchsperson, Bock (3), Mark und Neumann (4). Ein Wert von Schellong und Heinemeier (5) von durchschnittlicher Steigerung der Frequenz um 17 Schläge in der Minute stimmt etwa überein mit dem Mittelwert zweier Angaben von Dietlen (2). Ältere Angaben, zit. nach Geigel (6), zeigen ähnliche Zahlen, während Burger (7) einen Durchschnittswert von + 6, Schott und Spatz (8) von + 23 in der Minute finden. Lediglich Mateeff und Petroff (9) geben an, daß die Frequenz auch gleich bleiben oder abnehmen könne. Dies wird aber in einer durchaus geringen Anzahl von Fällen beobachtet.

2) Der **Blutdruck** wird **diastolisch** im Stehen als etwas oder meist erhöht angegeben von Dietlen (2), Nylin (10), Hamilton und Lichty und Pitts (11), Schellong und Heinemeier (5), Würfel (12) und anderen. Nur Mateeff und Petroff (9) stellen, wiederum in der Minderzahl der Fälle, auch Sinken oder Gleichbleiben fest.

Der **systolische** Blutdruck wird von Dietlen (2) und Nylin (10) im Stehen durchschnittlich etwas erniedrigt gefunden. Ha-

milton und Lichty und Pitts (11) finden ihn ziemlich unverändert. Sinken, Gleichbleiben oder leichten Anstieg dagegen stellen fest: Waldvogel (13), Reinhart (14), Schellong und Heinemeier (5), Mateeff und Petroff (9).

Die **Blutdruckamplitude** ist im allgemeinen im Stehen kleiner als im Liegen. Das gilt auch trotz der Streuungsbreite der systolischen und diastolischen Werte nach Mateeff und Petroffs Angaben.

3) Bezüglich einer Verkleinerung des **Schlagvolumens** im Stehen stimmen die Angaben sämtlicher Untersucher überein.

4) Anders beim **Minutenvolumen:** Gruppiert man hier nach den verschiedenen, seit den ersten Arbeiten über die Herzvolumensbestimmung ausgebildeten Methoden und zugleich nach ihren Ergebnissen, so ergibt sich folgendes Bild:

Abnahme des Minutenvolumens im Stehen finden:

mit der Jodäthylmethode: Donal und Gamble und Shaw (15) und Burger (7).

mit der Acetylengasmethode von Grollmann: Nylin (10), Fisher (16), Krötz (17) und Gladstone (18), die beide im Liegen und im Sitzen untersuchen, ferner Schneider und Crampton (19) und Bock (3).

nach der Formel von Broemser-Ranke: Hartl (20) und seine Mitarbeiter (21), neuerdings Ude (22).

Zu dem gleichen Ergebnis kommen Reinhart (13) mit dem Sahli'schen Spygmobolometer und Hetenyi (23) mit dem Oscillometer nach Plesch. Hetenyi hat Messungen an Arm- und Beinarterien vorgenommen.

In 3 Fällen Abnahme, in 1 Fall Zunahme im Stehen fand seinerzeit Lindhard (24) mit der N_2O-Methode.

Dem gegenüber geben nach Grollmans Acetylengasmethode Grollman selbst (25) und Marshal (26) das Minutenvolumen im Liegen und Stehen als gleich an. Schellong und Heinemeier (5) finden mit Grollmans Methode das Minutenvolumen im Stehen ein wenig erhöht, durchschnittlich um 3,2%. Sie haben nur unter 28 Fällen 2 mit geringer Abnahme.

Diese Übersicht über die vorliegenden Bestimmungen der einzelnen Kreislaufgrößen am Gesunden im Liegen und im Stehen ergibt also weitgehende Übereinstimmung in den Angaben über Pulsfrequenz, Blutdruck und Herzschlagvolumen. Indessen stehen sich in der Frage des Minutenvolumens zwei Ansichten gegenüber. Die einen sehen die in der Zeiteinheit vom Herzen ausgeworfene Blutmenge als im Stehen und Liegen gleich oder im Stehen eher noch um weniges vergrößert an. Die anderen finden im Stehen eine Verkleinerung dieser Blutmenge verglichen mit den Werten im Liegen.

Aus der Zusammenstellung der verschiedenen Arbeiten über das Minutenvolumen im Liegen und Stehen ist zunächst ersichtlich, daß verschiedene Bestimmungsmethoden vorliegen. Auf diese soll im einzelnen nicht eingegangen werden. Sie sind zusammenfassend in dem Werk von Grollman-Baumann (25) über „Schlag- und Zeitvolumen des gesunden und kranken Menschen" dargelegt und besprochen. Wesentlich ist, daß grundsätzlich zwei Wege beschritten sind, eine Herzvolumensbestimmung zu erzielen. Auf dem einen bedient man sich rein physikalischer Mittel, dem anderen liegen Mengen- und Verhältnisbestimmungen eines von der Versuchsperson geatmeten Fremdgas- und Sauerstoffgemisches zugrunde.

Weiter geht aus der Zusammenstellung bereits hervor, daß der Widerspruch zwischen den Resultaten von der Größenbestimmung des Minutenvolumens nicht einfach durch Unzuverlässigkeit einer der verschiedenen Methoden bedingt ist. Einmal wird in keiner Methode die vom Herzen ausgeworfene Blutmenge direkt gemessen, was allein eine unbedingte Entscheidung liefern würde. Zudem werden sowohl mit verschiedenen Methoden dieselben als mit derselben Methode verschiedene Resultate erzielt.

Eben dieses betrifft vor allem die Acetylengasmethode Grollmans. Obschon nun Grollman-Baumann in ihrem oben genannten Werk ausführen, daß maßgebliche Werte unter den Bestimmungen mit Fremdgas nur von der Acetylengasmethode zu erwarten sind, führt also eine Ausschaltung der anderen Fremdgasmethoden von der Entscheidung über das Verhalten des Herzminutenvolumens hier nicht weiter. Der Widerspruch der Resultate bleibt auch innerhalb der Arbeiten mit Acetylengas bestehen. Unter den letzten Veröffentlichungen aus diesem Kreis aber scheint den Ausführungen von Gladstone (18) besondere Bedeutung zuzukommen. Gladstone bestreitet die Genauigkeit der Acetylengasmethode in der Ausführung Grollmans. Er arbeitet mit veränderter Durchführung derselben Methode, nämlich bei verkürzter Atmung des Fremdgases, die durch den schnellen Umtrieb des Gases im Körper der Versuchsperson nötig ist. Dabei erzielt er Grollman widersprechende Werte, das heißt, er findet das Minutenvolumen des Gesunden im Sitzen kleiner als im Liegen — entsprechend den Ergebnissen anderer Methoden und verschiedener Arbeiten mit Acetylengas. Daß Gladstone die Werte im Liegen und Sitzen vergleicht, spielt innerhalb der Frage nach den Veränderungen des Minutenvolumens bei Lagewechsel eine untergeordnete Rolle. Es bedeutet nur, daß er im Stehen noch kleinere Werte gefunden hätte, entsprechend den Ergebnissen Lindhards (24) und anderer Untersucher, die bei Versuchen im Liegen, Sitzen und Stehen jeweils fortschreitend verkleinerte Werte fanden.

Der Sachbefund bei Gladstone nötigt jedenfalls dazu, die Ergebnisse der Arbeiten mit Acetylengas vorsichtig zu bewerten. Eine Entscheidung über die Größe des Herzminutenvolumens bei verschiedener Körperlage hängt aufs engste zusammen mit einer Lösung noch ungeklärter Fragen der technischen Durchführung dieser Methode.

Ins Einzelne gehende Vergleiche der zur Zeit vorliegenden Arbeiten mit Acetylengas in den verschiedenwertigen Ausführungen erscheinen darnach unergiebig für unsere Fragestellung.

Es hat sich aber in diesen Arbeiten noch eine andere Frage erhoben. Nach den Veröffentlichungen von Bock (3) und Schellong und Heinemeier (5) ergibt sich durch einen Hinweis Schellongs (27), daß bei den verschiedenen Versuchsreihen zur Bestimmung des Minutenvolumens die Bedingungen für die Versuchspersonen zum Teil voneinander abweichen. Es handelt sich dabei um das Vorgehen bei Lagewechsel, das heißt um die Frage aktiver oder passiver Aufrichtung der Versuchsperson, und um den Zeitpunkt, zu dem nach Lagewechsel die Vergleichsmessungen vorgenommen wurden. Diese Abweichungen sind bisher bei den Vergleichen der verschiedenen Arbeiten nicht wesentlich berücksichtigt worden, und es fragt sich, ob sie nicht einen unter Umständen wesentlichen Anteil an den widersprechenden Resultaten der einzelnen Versuchsreihen haben könnten.

Es liegt nahe, den Grund für diese Nichtbeachtung in zwei verschiedenen Ausgangsstellungen der Überlegung mit praktisch gleicher Auswirkung zu suchen. Die einen würden dabei davon ausgehen, daß das einmal — unter zwar verschiedenen, aber jeweils unter Ruhebedingungen — beobachtete Gleichbleiben des Minutenvolumens Ausdruck einer zweckmäßigen Regulation sei, die sich dann immer unter Ruhebedingungen möglichst schnell einstellen müßte. Das würde erreicht durch die Veränderungen der anderen Kreislaufgrößen, wie sie aus der Literaturübersicht zu ersehen sind. Die anderen würden den Anlaß zur Größenänderung des Minutenvolumens in der Tatsache des Vollzuges einer Lageänderung sehen, der alsbald bei neuer Ruhestellung eine Stabilisierung für diese Ruhestellung folge. Ausdruck dieser Stabilisierung wäre die mit den anderen Veränderungen im Kreislauf auch einhergehende gleichzeitige Änderung des Minutenvolumens.

In beiden Fällen wäre dem Zeitpunkt der Vergleichsbestimmung keine genaue Grenze gesetzt, und in beiden Fällen würde auch der Frage der aktiven oder passiven Aufrichtung eine untergeordnete Bedeutung zukommen. Sie könnte nur in etwa den Eintritt der Stabilisierung des Minutenvolumens nach dem Lagewechsel zeitlich beeinflussen; die Richtung einer etwaigen Änderung des Minutenvolumens würde sich kaum längere Zeit wesentlich verdecken.

Für solche Erwägungen jedoch muß der experimentelle Nachweis erbracht werden. In diesem Sinne ist aus den Versuchsreihen mit Acetylengas die Arbeit von Schneider und Crampton (19) zu bewerten, auch unter dem Vorbehalt, daß ihre Methode umstritten ist. Sie finden das Minutenvolumen im Stehen alsbald verkleinert, beim Stehen dann aber eine Stabilisierung, so daß sich bei längerem ruhigem Stehen kaum eine Änderung oder eine geringe Verminderung zeigt.

Es läßt sich indessen auch unter Berücksichtigung dieser Fragen das Ergebnis der verschiedenen Arbeiten mit Fremdgas über das Verhalten des Minutenvolumens, soweit sie entsprechende genauere Angaben überhaupt aufweisen, kaum gültig vereinheitlichen. Außerdem sind einfach durch die Tatsache des Einwandes von Gladstone (18) die Ergebnisse der Arbeiten mit Fremdgas in Frage gestellt. Mindestens zur Zeit erscheint es also nicht möglich, aus ihrem Kreise zu entscheiden, daß nun das Minutenvolumen des Gesunden im Stehen und Liegen gleich groß oder im Stehen kleiner als im Liegen sei.

Es gewinnen aber die Versuche über Herzvolumensbestimmungen an Bedeutung, bei denen der andere methodische Weg eingeschlagen und mit rein physikalischen Mitteln gearbeitet wurde. Schließt man bei einer Entscheidung in der Frage der Größenbestimmung des Minutenvolumens die oben auch angeführten Arbeiten mit Sphygmobolometer und Oscillometer aus, da der Weg dieser Methoden zu indirekt sei, so sind wesentlich zwei andere Bestimmungsmöglichkeiten physikalischer Methodik vorhanden. Broemser und Ranke (28) erhalten in ihrer Formel „E"

$$V_S = Z \cdot \frac{Q \cdot T \cdot S \cdot \Delta p}{D \cdot \rho \cdot a}$$

die Größe des Schlagvolumens aus den Beziehungen zwischen dem Aortenquerschnitt = Q, den Zeiten der Periodendauer: S = Systolen-, D = Diastolen-, S + D = T = Periodendauer, der Blutdruckamplitude Δp und der Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta-Iliaca = a. Dazu kommt die Dichte des Blutes $\rho = 1.06$ und ein durch vergleichende Untersuchungen gewonnener Zahlenfaktor Z. Aus Pulszahl und Schlagvolumen errechnet sich das Minutenvolumen.

Anders formulierte schon früher O. Frank. Frank (29) stellt im Gegensatz zu Broemser und Ranke fest, daß die Zeiten der Herzperiode zwar zu den für die Herztätigkeit charakteristischen Größen gehörten, sie aber nicht vollständig bestimmten. Darum sei eine Berechnung des Herzschlagvolumens mit diesen Zahlen

zu vermeiden. Folgerichtiger ziehe man hierzu den ganzen Ablauf der mechanischen Vorgänge in dem zur Beförderung des Blutes dienenden Röhrensystem, d. h. dem Windkesselsystem der großen Gefäße, in Betracht und arbeite mit den hieraus sich ergebenden Größen. In einer vorläufigen Mitteilung stellt Frank daher als Formel auf

$$V_S = \frac{\Delta p \cdot Q \cdot t}{2a} + 33\,\%$$

Darin bedeutet t die Grundschwingung des als Windkessel funktionierenden arteriellen Systems. Die zusätzlichen 33% sind der schätzungsweise Ausgleich für die Blutmenge, die während der Füllung des Windkessels abfließt. Dieser wird bei der theoretischen Ableitung der Formel zunächst als geschlossen betrachtet.

Praktische Berechnungen mit der Formel von Frank, die zweifellos der Größenordnung nach nur sehr ungefähre Resultate ergeben würde, liegen bisher nicht vor. Vielfach angewendet ist die Formel von Broemser und Ranke und viel besprochen die Maßgeblichkeit der mit ihr gewonnenen Werte. Auf die entsprechende Literatur, die u. a. von Wezler und Böger (30) angeführt ist, soll wiederum nur verwiesen werden. Es ist möglich, daß die absoluten Zahlenwerte nach Formel „E" immer gleicherweise von den tatsächlichen Werten etwas abweichen. Das ist durch die tabellarische Bestimmung der Aortenquerschnitte und durch die Größe des Zahlenfaktors Z bedingt. Als Zusammenfassung ist aber festzustellen, daß die Ergebnisse mit Broemser und Rankes Formel immer wenigstens dort genügen werden, wo nicht so sehr absolute als Verhältniswerte verlangt sind. Dies ist zum mindesten bei vergleichenden Bestimmungen an einer Person der Fall.

Über vergleichende Schlag- und Minutenvolumenbestimmungen des Gesunden im Liegen und im Stehen mit dieser Formel berichten, wie das in der Literaturübersicht bereits aufgeführt ist, Hartl (20) und seine Mitarbeiter (21) und Ude (22).

Hartl (20) teilt aus einer Versuchsfolge mit, daß Schlag- und Minutenvolumen, 5 Minuten, nachdem die Versuchsperson sich erhob, bis auf die Hälfte vermindert sind, d. h. Schlagvolumen von 104 auf 56 ccm und Minutenvolumen von 5,4 auf 2,7 Ltr. Eine Stabilisierung erfolge erst nach 15 Minuten, wobei aber die Höhe der Werte im Liegen nicht erreicht werde.

Eine Angabe von Hartl und Bonsmann (21) zeigt entsprechende Werte. Die Verminderung des Minutenvolumens ist nicht so ausgesprochen, beträgt aber immerhin ⅓ des Liegewertes. Ein anderer Versuch wird angefochten als für die Verhältnisse am Gesunden unmaßgeblich, da die Pulsfrequenz im Stehen deutlich vermindert war.

Ude (22) geht bereits von der Tatsache aus, daß die Untersuchungen mit den verschiedenen Methoden über das Verhalten des Minutenvolumens bei Lagewechsel widersprechende Ergebnisse erzielten. Ude sieht die entscheidende Schwierigkeit bei den Bestimmungen mit Fremdgas in der technischen Durchführung der Fremdgasatmung. Er billigt der Methode, die diese Schwierigkeit umgeht, entscheidende Bedeutung zu. Ude bestimmt das Schlagvolumen nach einstündiger Ruhe im Liegen, sofort nach Aufstehen und nach Stehen von 15 Minuten. Das Minutenvolumen sinkt dabei von einem durchschnittlichen Ruhewert von 4,2 Ltr. über 3,6 Ltr. auf annähernd 3 Ltr. ab. Ude stellt fest, daß er sich mit diesen Werten auch der Größenordnung nach in Übereinstimmung mit den gasanalytischen Werten von Krötz (17), Fisher (16) und anderen befindet. Er legt abschließend seine Ergebnisse aus als entscheidenden Nachweis der Richtigkeit auch eben jener größeren Anzahl von gasanalytischen Arbeiten, die das Minutenvolumen im Stehen kleiner finden als im Liegen.

Diese drei Arbeiten mit der gleichen Methode geben übereinstimmend gleiche Resultate. Alle drei Bearbeiter finden das Minutenvolumen im Stehen kleiner als im Liegen. Ude findet dabei schon ganz eindeutigen Abfall eine Minute nach Lagewechsel. Bei allen Versuchen stellt sich in der neuen Ruhehaltung eine weitgehende Stabilität mit erniedrigten Werten ein. Dadurch erscheint auch in diesen Arbeiten die oben gestellte Frage, welche Bedeutung der Zeitpunkt der Vergleichsbestimmung und die Art der Aufrichtung haben können, im Prinzip beantwortet. — Schließlich stimmen die Resultate dieser Arbeiten überein mit den Ergebnissen der neuesten Minutenvolumensbestimmung mit Fremdgas [Gladstone (18)].

Über weitere Bestimmungen des Herzschlag- und Minutenvolumens bei Lagewechsel mit der Formel von Broemser und Ranke ist hier zu berichten. Sie wurden im Physiologischen Institut der Universität München im Zuge einer Versuchsreihe unter Leitung von Privatdozent Dr. K. Wezler angestellt.

Die Anordnung der Versuche gestaltete sich so, daß die Versuchsperson bis zum Beginn der Wertbestimmungen im Liegen durchschnittlich 25—30 Minuten ganz still auf einem Ruhebett lag. Unmittelbar nach der Registrierung der Kurven an A. subclavia und A. iliaca mit den Frank'schen Kapseln wurde am seitlich in Schulterhöhe erhobenen Arm der Blutdruck nach Riva-Rocci bestimmt. Dann erhob sich die Versuchsperson mit leichter Unterstützung und trat an eine Holzwand. Dort stand sie mit Unterstützung im Gesäß durch einen Querbalken möglichst gelockert und ganz ruhig, bis nach 5—8 Minuten die Kurven abgenommen wurden. Die Bestim-

mung des Blutdruckes geschah wiederum alsbald nach Riva-Rocci am passiv in Schulterhöhe erhobenen Arm. Den Berechnungen wurde zur Bestimmung des Aortenquerschnittes die normale Alterstabelle von Suter und als Zahlenfaktor Z = 0,48 nach Bestimmung von Böger (31) und Wezler und Böger (30) zugrunde gelegt.

Gleichzeitig mit den Berechnungen nach Formel „E" von Broemser und Ranke wurde zur Kontrolle eine Auswertung der Kurven nach Frank vorgenommen. (Statt eines zusätzlichen Wertes von 33% in seiner Formel wurde dabei mit einem solchen von 25% gearbeitet.) Es muß kaum betont werden, daß die dabei errechneten absoluten Zahlen nach Frank einen Anspruch auf Maßgeblichkeit gewiß nicht machen.

Der Zweck dieser Berechnung war, durch doppelte Prüfung eines Sachbestandes von zwei verschiedenen Grundsätzen her den geringen Mangel unserer Methode, daß wir absolute Werte nicht mit Sicherheit erhalten können, weiter zu entwerten und unsere Resultate endgültig zu sichern.

Die Ergebnisse der Versuche nach Broemser und Ranke entsprechen durchwegs den anderen Arbeiten mit derselben Methode. Daß auch die Werte nach Frank alle gleicherweise in der Richtung ihrer Veränderung mit den Werten nach der Formel „E" von Broemser und Ranke übereinstimmen, wird zweifellos als wesentliche Bestätigung dieser exakten Zahlen gelten.

Die Einzelheiten über die Berechnungen sind aus den beigefügten Tabellen ohne weiteres ersichtlich. Tabelle 1 zeigt die Werte, die sich aus Kurven und Blutdruckmessung bei den beiden Ruhestellungen ergeben haben. Tabelle 2 gibt eine Zusammenstellung der nach Broemser und Ranke und nach Frank errechneten Werte für Schlag- und Minutenvolumen. Die Werte für Liegen und Stehen sind gesondert gehalten. Die untere Zeile gibt jeweils den Durchschnitt für die darüber stehende Spalte an. Tabelle 3 umfaßt die Werte für die Abnahme von Herzschlag- und Minutenvolumen im Stehen in Prozent der Liegewerte.

Auf eine Auswertung der einzelnen Zahlen untereinander wurde wegen deren nur relativer Gültigkeit von vornherein verzichtet. Verglichen mit den Werten aus anderen Versuchsreihen erscheinen unsere Zahlen z. T. etwas gering, und ihre Streuungsbreite ist verhältnismäßig groß. Ähnliche Zahlen finden sich aber auch in anderen Arbeiten, und es fügen sich unsere Werte denen, die etwa Singer-Schuler (32) bei Untersuchungen an Sitzenden unter mehrfacher Kontrolle gewonnen hat, weitgehend ein.

Zusammenfassung.

Die Tatsache von den widersprechenden Resultaten der Minutenvolumensbestimmung des Herzens im Stehen und im Liegen in der Literatur erscheint bedingt durch technische Unvollkommenheit der Fremdgasmethoden.

Alle Bestimmungen mit physikalischen Methoden ergeben übereinstimmende Resultate und zwar eine Verminderung des Minutenvolumens im Stehen gegenüber dem Liegen.

Diese Arbeiten stimmen überein mit den jüngsten der Acetylengasmethode.

Darnach erscheint es berechtigt, die Frage nach dem Verhalten des Minutenvolumens bei Lagewechsel entschieden zu sehen zugunsten der Tatsache einer Verminderung im Stehen, die bereits kurze Zeit nach dem Lagewechsel beobachtet wird und dann fortwährend festzustellen ist.

Herrn Privatdozent Dr. K. W e z l e r möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, seine Förderung der Arbeit und die liebenswürdige Übernahme des Referates meinen ergebensten Dank aussprechen.

Tabelle 1.

Die aus Kurven und Blutdruckmessung gewonnenen Werte.

a) im Liegen.

Vers.-Nr.	Q qcm	S sec.	T sec.	D sec.	a m/sec.	Δp mm Hg	t σ
171	3.3	0.324	1.166	0.842	5.16	28	418
173	3.5	0.332	1.405	1.173	6.33	28	409
179	3.25	0.299	1.130	0.831	7.31	32	332
180	3.5	0.352	1.118	0.766	6.6	44	418
181	3.35	0.311	1.008	0.697	7.4	38	357
182	4.65	0.264	0.831	0.567	10.0	54	317
188	4.05	0.272	0.931	0.659	7.62	48	326

b) im Stehen.

171	3.3	0.267	0.896	0.629	6.91	28	394
173	3.5	0.260	0.949	0.689	10.4	28	262
179	3.25	0.266	0.848	0.582	9.82	32	291
180	3.5	0.260	0.810	0.550	9.8	34	317
181	3.35	0.265	0.818	0.562	10.8	36	271
182	4.68	0.228	0.739	0.511	11.8	62	220
188	4.05	0.235	0.726	0.491	11.1	38	249

Q = Aortenquerschnitt
S = Systolendauer
T = S + D = Periodendauer
D = Diastolendauer
a = Pulswellengeschwindigkeit in der Aorta- Iliaca
Δp = Blutdruckamplitude
t = Grundschwingung des Windkessels: Dauer in σ

Tabelle 2.

Werte für Schlag- (S.V.) *und Minutenvolumen (M.V.).*

a) im Liegen.

Vers. Nr.	S. V. Broemser-Ranke	S. V. O. Frank	M. V. Broemser-Ranke	M. V. O. Frank	
171	48.4 ccm	61.8 ccm	2.49 l.	3.18 l.	
173	37.1	52.8	1.58	2.25	
179	34.8	39.4	1.85	2.09	
180	72.3	81.5	3.88	4.38	
181	46.8	51.1	2.78	3.04	
182	57.7	66.4	4.23	4.78	
188	59.2	69.3	3.81	4.47	
	51.0	60.0	2.94	3.45	Durchschnitt
		b) im Stehen.			
171	30.7	44.0	2.06	2.95	
173	21.2	20.6	1.33	1.23	
179	24.4	26.5	1.73	1.88	
180	27.5	32.1	2.04	2.38	
181	27.1	27.3	1.97	2.00	
182	48.6	43.8	3.95	3.57	
188	29.4	36.7	2.43	3.03	
	29.9	33.0	2.20	2.43	Durchschnitt

Tabelle 3.

Abnahme von Herzschlag- und Minutenvolumen im Stehen in Prozent der Liegewerte.

	%	%	%	%	
171	36.6	28.8	15.6	7.3	
173	42.8	61.1	15.8	42.2	
179	29.9	32.7	6.5	10.0	
180	62.0	60.0	47.4	45.7	
181	42.1	46.7	29.1	34.2	
182	15.8	34.1	6.7	25.3	
188	50.3	47.1	36.2	32.3	
	39.9	44.0	22.4	28.1	Durchschnitt

Literaturangabe.

1. Moritz, F., Dtsch. Arch. f. klin. Med. *82*, H. 1 (1904).
2. Dietlen, Dtsch. Arch. f. klin. Med. *97*, 132 (1909).
3. Bock, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *92*, 782 (1934).
4. Mark, R. E. u. Neumann, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *80*, 150 (1931).
5. Schellong u. Heinemeier, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *89*, 49, 61 (1933).
6. Geigel, Dtsch. Arch. f. klin. Med. *99*, 31 (1910).
7. Burger, Ztschr. f. d. ges. physikal. Therapie *28*, H. 1 (1923).
8. Schott u. Spatz, Münch. Med. Wschr. Jahrg. *71*, 1709 (1924).
9. Mateeff u. Petroff, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *85*, 115 (1932).
10. Nylin, Skand. Arch. Physiol. *69*, 237 (1934).
11. Hamilton u. Lichty u. Pitts, Amer. Journ. Physiol. *100*, 383 (1932).
12. Würfel, Über den Blutdruck Gesunder bei verschieden schwerer Körperarbeit. Inaug.-Diss. Kiel 1931.
13. Waldvogel, Münch. Med. Wschr. Jahrg. 55, S. 1677 (1908).
14. Reinhart, Dtsch. Arch. f. klin. Med. *127*, 300 (1918)
15. Donal u. Gamble u. Shaw, Amer. Journ. Physiol. *109*, 666 (1934).
16. Fisher, Arb-physiol. *6*, 111.
17. Krötz, Klin. Wschr. Jahrg. 9, S. 966 (1930).
18. Gladstone, Amer. Journ. Physiol. *112*, 705 (1935).
19. Schneider u. Crampton, Amer. Journ. Physiol. *110*, 14 (1934).
20. Hartl, Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. *42*, 245 (1930).
21. Hartl u. Bonsmann, Ztschr. f. klin. Med. *120*, 549 (1932).
22. Ude, Klin. Wschr. Jahrg. 15, S. 520 (1936).
23. Hetenyi, Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. *44*, 504 (1932).
24. Lindhard, zit. nach Tigerstedt. Physiologie des Kreislaufs III, S. 73.
25. Grollman-Baumann, Schlag- und Zeitvolumen des gesunden und kranken Menschen. Ergebn. d. Kreislaufforschg. Bd. 5, S. 81. Dresden-Leipzig 1935.
26. Marshall, zit. nach Jarisch. Kongreß-Zbl. f. d. ges. inn. Med. *59*, 231.

27. Schellong, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *93*, 545 (1934).
28. Broemser-Ranke, Ztschr. Biol. *90*, 467 (1930).
Ztschr. Kreislaufforsch. 25. Jahrg. S. 11 (1933).
29. Frank, O., Ztschr. Biol. *90*, 405 (1930).
30. Wezler u. Böger, Klin. Wschr. Jahrg. 15, S. 257 (1936).
31. Böger, Naunyn-Schmiedebergs Arch. *166*, 103.
32. Singer-Schuler, Ztschr. f. d. ges. exper. Med. *88*, 17 (1933).

Lebenslauf.

Als weiter Sohn des Pastors Conrad Büchsel und seiner Ehefrau Caroline, geb. Wiesener, bin ich am 12. April 1912 in Swinemünde geboren.

Meine Schulzeit verlebte ich in Düsseldorf und Breslau. In Düsseldorf besuchte ich drei Vorschulklassen und von Ostern 1921 ab 6 Klassen des Städt. Hindenburg-Gymnasiums. Im Jahre 1927 trat ich mit dem Versetzungszeugnis nach Obersekunda in das Staatl. König Wilhelms-Gymnasium zu Breslau ein. Dort bestand ich Ostern 1931 das Abiturientenexamen.

Im Mai 1931 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Würzburg, studierte dann im Sommersemster 1932 in Graz, im Wintersemester 1932/33 in Breslau und legte Ostern 1934 das Physikum in Würzburg ab.

Meine klinischen Semester verbrachte ich an der Universität München. Hier beendete ich mein Studium im Sommer 1937 mit dem medizinischen Staatsexamen.

Martin Büchsel.